Beiträge

zur

elektrischen Vagus-Reizung.

Inaugural-Dissertation

der

hohen medicinischen Fakultät der Universität Rostock

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt

von

Rudolf Oldag

approbierter Arzt.

Rostock.

Carl Boldt'sche Hof-Buchdruckerei.

1894.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553619_0054

I. Litteratur und Aufgabenstellung.

Das Verhältnis des Nervus vagus zur Innervation der Atembewegungen ist seit ungefähr 40 Jahren ein Gegenstand lebhaftester Diskussion in physiologischen Kreisen gewesen und noch immer auf der Tagesordnung geblieben. Eine sehr grosse Menge von Tierexperimenten ist ausgeführt worden, aber die einzelnen Forscher haben vielfach von einander abweichende Resultate erhalten, ja sogar auch dann, wenn sie möglichst dieselben Versuchsanordnungen einhielten. Im wesentlichen bestand die Meinungsverschiedenheit darin, dass die einen bei Reizung des centralen Vagus-Stumpfes nur inspiratorische, die andern nur exspiratorische Erfolge beobachteten; eine dritte Gruppe war der Ansicht, dass beide Wirkungen auftreten könnten.

Längere Zeit war die Ansicht von Rosenthal die herrschende, welcher mit Traube der Reizung des centralen Vagus-Stumpfes ausschliesslich inspiratorische Wirkungen zuschreibt, und an den exspiratorischen Erfolgen Versuchsfehlern die Schuld beimisst, nämlich der Mitreizung des Nervus Laryngeus superior durch Stromschleifen. Von diesem Nerven hatte er bekanntlich nachgewiesen, dass seine Reizung nur exspiratorische Wirkung besitzt.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, des genaueren die Versuche und Ansichten auch nur der neueren Forscher

(Burkart, Rosenbach, Gad, Wagner, Fredericq, Langendorff, Markwald, Head, Knoll, Wedenski, Meltzer u. a.) hier zu schildern. Die ältere Litteratur ist zusammengestellt bei Rosenthal: Die Atembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus Vagus. Berlin 1862. Die neuere in desselben Autors Abhandlung über die Physiologie der Atembewegung und Innervation im Handbuch der Physiologie von Hermann. Band IV. II. Teil. Leipzig 1882. Die seit deren Abfassung erschienenen zum Teil wichtigen Arbeiten sind für die vorliegende Darstellung, mit Ausnahme der weiter unten zu erwähnenden, ohne Belang. Der heutige Stand der Frage ist der, dass wohl kein Forscher mehr an dem Zustandekommen beider Wirkungen, sowohl exspiratorischer als inspiratorischer, zweifelt. Zweifelhaft kann nur sein, ob im Vagus zweierlei Fasern vorhanden sind, von denen die einen inspiratorisch oder erregend, die anderen exspiratorisch oder hemmend auf das Atemcentrum wirken, oder ob es sich bei den mannigfachen Veränderungen der Atembewegungen, wie man sie durch Reizung des zentralen Vagus-Stumpfes erzielt, um Erregung einer einzigen Nervenart handelt, die je nach der Art ihrer Reizung oder je nach dem Zustande des Atemcentrums dieses in verstärkte oder verminderte Thätigkeit versetzt.

Die Reizung des zentralen Vagus-Stumpfes ist früher fast ausschliesslich durch elektrische Tetanisirung geschehen, später hat man auch chemische, thermische und mechanische Reize angewendet, und gerade der Erfolg der chemischen Reizung, wie sie zuerst von Langendorff ausgeführt worden ist, hat, wenn man von den bekannten Hering-Breuer'schen Versuchen absieht, zum ersten Mal einen sicheren, Fehlerquellen ausschliessenden Beweis rein exspiratorischer Wirkungen erbracht. Was die elektrische Reizung mittelst Induktionsströmen anlangt, so ist man trotz der durch verschiedene Forscher eingeführten Variablen (Narkose, Ermüdung, Reizintensität, Berück-

sichtigung einer verschiedenen Wirksamkeit beider Vagi, Geschlecht und Individualität des Tieres, Art der Lagerung des Nerven auf die Elektroden u. s. w.) nicht im Stande gewesen, willkürlich die eine oder die andere Wirkung zu erzeugen.

Seltsamer Weise ist die elektrische Reizung fast nur durch Induktionsströme geschehen, sei es wie gewöhnlich durch Tetanisirung oder, wie es von einzelnen ausgeführt worden ist, durch einzelne Induktionsschläge. In der ganzen grossen Litteratur finden sich nur sehr spärliche Angaben über den Einfluss der Reizung des centralen Vagus-Stumpfes mit konstanten Strömen. Nur zwei Forscher haben solche Versuche und deren Ergebnisse veröffentlicht, dies sind Grützner und Knoll. Des letzteren einzige Bemerkungen hierüber finden sich in seiner Arbeit: „Beiträge zur Lehre von der Atmungsinnervation". II. Mitteilung, Seite 3 und 4. Die eine lautet wörtlich: „Da ich bei solchen Versuchstieren (bei denen die Reizung des centralen Vagus-Stumpfes mittelst auch schwacher Induktionsströme exspiratorische Wirkungen erzielte) durch Herstellung und Ausschaltung einer Nebenschliessung und durch den galvanischen Strom Stillstand der Atmung in reiner Exspirations-Stellung herbeiführen konnte, so handelte es sich in diesem Falle wohl nur um individuelle Differenzen der Tiere in dem Verhalten gegen den induzierten Strom." In einer Anmerkung an derselben Stelle findet sich noch die Angabe, dass er durch einfaches Anlegen einer „elektrischen Pincette" sehr ausgesprochene exspiratorische Wirkungen erzielt habe. Allerdings müssen auch die Knoll'schen Versuche über die Reizung des Vagus mit dessen Eigenstrom hierher gerechnet werden[1].

Ausführlicher hat sich mit der Reizung des Vagus durch konstante Ströme Grützner befasst. Seine Versuchs-

---

[1] Cf. Knoll: Beiträge zur Lehre von der Atmungsinnervation. I. Mitteilung. 1882.

ergebnisse sind in sehr knapper Form niedergelegt in Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie in einer Mitteilung: „Ueber die Einwirkung constanter elektrischer Ströme auf Nerven. Band XVII. 1878.

Die beiden dort angeführten Versuche betrafen Kaninchen, von denen das eine morphisiert, das andere nicht narkotisiert war. Die gewonnenen Ergebnisse sind jedoch nicht ganz einwandfrei, weil wenigstens in dem einen angeführten Versuch nur der eine Vagus durchschnitten war; ob bei dem andern Versuch beide Vagi durchtrennt waren, ist nicht ersichtlich. Die beiderseitige Durchschneidung ist jedoch, wie weiter unten noch erwähnt werden wird, zur Ausführung korrekter Versuche durchaus notwendig.

Die von Grützner gewonnenen Resultate lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

Absteigende starke Ströme (von 4—12 Elementen) sind ohne Wirkung auf die Frequenz der Atembewegungen; sie lösen nur Schmerzempfindung aus. Der aufsteigende Strom bewirkt sofort Verlangsamung der Atmung.

Nach Morphisierung desselben Tieres erzeugt die Schliessung eines schwachen aufsteigenden Stromes lang anhaltenden Exspirations-Stillstand und verlangsamte Atmung während der Dauer des Stromes. Die Öffnung ist ohne Wirkung. — Schliessung des absteigenden Stroms ist wirkungslos, die Öffnung hat einen exspiratorischen Stillstand zur Folge.

Diese Grützner'sche Arbeit hat die Anregung gegeben zur Ausführung der folgenden Versuche, nachdem schon vor mehreren Jahren Prof. Langendorff bei Wiederholung der Grützner'schen Versuche Ergebnisse erhalten hatte, die nicht ganz mit den dort niedergelegten Erfahrungen übereinzustimmen schienen. Die Aufgaben, welche ich mir gestellt habe, sind folgende:

1. Ist die Grützner'sche Behauptung richtig, dass die Reizung des centralen Vagus-Stumpfes mit dem

konstanten Strom während der Dauer der Durchströmung auf die Atmung einwirkt?

2. Welcher ist der Einfluss der Intensität und Richtung von Kettenströmen auf die Wirkung? und: Ist man immer nur im Stande, atmungshemmende Wirkungen durch Anwendung des Kettenstromes zu erzielen?

3. Welche Erfolge haben unterbrochene Kettenströme?

II. Allgemeine Versuchsanordnung.

Als Versuchstiere dienten ausschliesslich Kaninchen, welche mehr oder weniger stark durch Chloralhydratinjektionen in die Bauchhöhle (0,25—1,0) narkotisiert waren. Dann wurde die Tracheotomie ausgeführt und in die Luftröhrenöffnung eine Ludwig'sche Trachealkanüle mit verschlossener Nebenöffnung eingebunden. Hierauf erfolgte beiderseitige vorsichtige Präparation der Vagi am Halse in möglichster Ausdehnung, Abschnürung möglichst tief unten und Durchschneidung beiderseits. Diese doppelseitige Durchtrennung der Vagi ist, wie Langendorff nachgewiesen hat, zur Ausführung korrekter Versuche durchaus notwendig[1].

Die Abschnürungsfadenschlinge am centralen Vagus-Stumpf gestattet, ohne Zerrung den Nerv auf die Elektroden zu lagern. Zwischen der Trachealkanüle und einer Marey'schen Schreibkapsel wurde ein 6 Liter fassender Luftbehälter eingeschaltet. Die Verbindungsstücke zwischen Luftröhre und Luftflasche sind möglichst kurz und weit. Ein mit einem kurzen Schlauchstück versehenes verschliessbares Seitenrohr erlaubt dem Tier in den Versuchspausen aus der freien Luft zu atmen. Beim Beginn der Aufzeichnung wird dasselbe durch eine Klemme geschlossen. Dieses Abklemmen geschieht stets in der Exspirationsphase.

[1] Langendorff: Der Einfluss des Nervus vagus und der sensiblen Nerven auf die Atmung. Königsberg 1878.

Mitunter ist dies nicht leicht bei oberflächlicher und unregelmässiger Atmung; ich bediente mich in solchen Fällen eines Kunstgriffes, nämlich des kräftigen Zusammenkneifens beider Nasenlöcher des Tieres, was, wie schon längst beobachtet worden ist, sofort eine Verlangsamung der Atmung für die nächste Zeit zur Folge hat.

Der Schreibhebel der auf geringste Vergrösserung eingestellten Marey'schen Kapsel zeichnet auf einen beberussten Papierstreifen, welcher auf einer Ludwig'schen Kymographion-Trommel befestigt ist. — Öfters zwischen den einzelnen Versuchen wird die Luftflasche durch einen Blasebalg gelüftet.

Die Reizung geschieht anfangs mit Platin-Elektroden, welche am äussersten Ende etwa 1mm von einander entfernt sind. Auf diese wird der Nerv bei der Reizung aufgelegt. Da jedoch sehr bald, namentlich bei Anwendung stärkerer Ströme, eine Schädigung des Nerven durch Elektrolyse eintritt, wurden bei den späteren Versuchen nur unpolarisierbare Elektroden angewendet, einmal die du Bois-Reymond'schen Thonstiefelelektroden, dann ausschliesslich die von von Fleischl angegebenen Pinselelektroden, die sich uns sehr bewährt haben.

Bei den ersten Versuchen wurde der Nerv bipolar gereizt; es zeigte sich jedoch, dass man bei unipolarer Reizung, bei welcher der Nerv auf die eine Elektrode gelagert wird, während die andere an irgend einem indifferenten Punkte des Körpers anliegt, durchaus dieselben Resultate erhält. Da diese Art der Reizung viel bequemer ist, wurde sie bei den späteren Versuchen zumeist angewendet.

Der elektrische Strom wurde geliefert von einem Daniell'schen Element oder häufiger von 1, 2, 3 oder einer grösseren Batterie (bis zu 16) kleiner Stöhrer'scher Tauchelemente. — Um einen Überblick zu gewinnen über das absolute Mass der Stärke der angewendeten Ströme, bedienten wir uns in einem Fall eines absoluten

Milliampèremeters von Edelmann in München, welches in den Stromkreis eingeschaltet wurde. Ich fand, dass der von 2 kleinen Tauchelementen gelieferte Strom ohne Nebenschluss eine Intensität von $^1/_{10}$ Milliampère hatte.

In den Stromkreis war immer eingeschaltet eine Pohl'sche Wippe und ein Quecksilberschlüssel, bei manchen Versuchen auch ein du Bois-Reymond'sches Rheochord.

Mitunter wurde die Zeit in Sekunden aufgezeichnet.

III. Wirkt der Strom während seiner Dauer?

Die Angaben von Grützner und Knoll, dass man mittelst Applikation eines aufsteigenden konstanten Stromes auf den centralen Vagus-Stumpf eine Unterbrechung der Atmung durch exspiratorische Stillstände erzielt, liess sich leicht bestätigen. Fraglich war nur, ob, wie Grützner behauptet hatte, der galvanische Strom auf den centralen Vagus-Stumpf, wie auf andere sensible Nerven, während seiner Dauer als Reiz wirke. Grützner kam zu diesem Resultat durch die Beobachtung, dass während der ganzen Dauer des aufsteigenden Stromes dessen Wirkung, exspiratorischer Stillstand, anhielt[1]. Ich glaubte, diesen Beweis noch nicht als vollgültig ansehen zu dürfen; denn, wenn die Öffnung eines absteigenden Stromes im Stande war, einen 12 Sekunden dauernden exspiratorischen Stillstand zu bewirken[2], so war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der exspiratorische Stillstand bei der Schliessung des aufsteigenden Stromes auch nur eine nachhaltige Folge des Schliessungsreizes wäre.

Wir wandten deshalb zunächst aufsteigende Ströme von sehr langer Dauer an; dabei überzeugten wir uns,

[1] Cf. Pflügers Archiv für die gesammte Physiologie. Band XVII. Tafel VI. Fig. 9 und 13.

[2] Cf. ebendaselbst Fig. 12.

dass, wenn auch nicht immer ein anhaltender exspiratorischer Stillstand, so doch stets eine erhebliche Verlangsamung der Atmung während der ganzen Dauer des Stromes eintritt. Diese Versuche sprachen zu Gunsten der Richtigkeit der Grützner'schen Anschauung. Es lag uns aber daran, dieselbe durch einen ganz direkten Versuch zu erweisen. Zu diesem Zweck bediente ich mich des bekannten, auch elektro-therapeutisch geübten Einschleichens des Nerven in die Kette. Wenn es gelang, den dem Nerven zugeleiteten Strom von der Intensität 0 an so langsam anwachsen zu lassen, dass keinerlei Schwankung der Stromintensität schnell und intensiv genug erfolgte, um zu einer Schliessungserregung Anlass zu geben und wenn trotzdem dieser Strom von einer gewissen Intensität an die Atmung hemmte, dann konnte in diesem Falle nicht die Schliessung oder überhaupt eine positive Schwankung der Stromesintensität in dieser Weise gewirkt haben, sondern nur die Stromesdauer. In den Stromkreis musste dabei, um den Beweis zu liefern für das Nichtvorhandensein stärkerer Schwankungen, zugleich ein Nervmuskelpräparat vom Frosch eingeschaltet sein. Der Versuch gestaltete sich demgemäss folgendermassen: Als veränderliche Nebenschliessung zum Nervenkreise eines von einem Daniell'schen Elemente gelieferten Stromes wird ein einfacher Rheochord-Draht, ein „langer Kompensator" von du Bois-Reymond eingeschaltet. Auf die unpolarisierbaren Elektroden, auf die der centrale Vagus-Stumpf des Kaninchens zu liegen kommt, wird zugleich der Nerv eines Froschpräparates gelegt, und zwar derartig, dass der den Vagus aufsteigend durchfliessende Strom den Frosch-Ischiadicus in absteigender Richtung durchströmt. Wird jetzt, nachdem bei der Null-Stellung des Kompensator-Schiebers der Strom geschlossen ist, ohne irgend welche Wirkung zu entfalten, der Schieber langsam vorgeschoben, so dass der durch die Nerven gehende Stromzweig eine allmählich wachsende Intensität gewinnt, so tritt bei einer Drahtlänge von etwa

300 mm und während des Festhaltens dieser Intensität eine deutliche sehr erhebliche exspiratorische Verlangsamung der Atmung ein. Der Froschmuskel, dessen Nerv sehr erregbar war, hatte während der ganzen Zeit nicht ein einziges Mal gezuckt; erst die Öffnung des Stromes bewirkte eine Zuckung, und als der Strom bei demselben Rheochord-Stande noch einmal schnell geschlossen wurde, trat eine kräftige Schliessungszuckung ein. Cf. Versuch IV. Tafel II.

Dieser Versuch scheint mir die Richtigkeit der Grützner'schen Ansicht mit Sicherheit zu beweisen, dass nicht allein Stromschwankungen, sondern auch die Dauer des Stromes erregend auf die im Vagus enthaltenen atmungshemmenden Elemente wirkt.

IV. Einfluss der Intensität und Richtung auf die Wirkung von Kettenströmen.

1. Aufsteigender Strom.

Wie schon oben erwähnt, liess sich leicht im Allgemeinen die Behauptung Grützner's bestätigen, dass nach Schliessung eines aufsteigenden Stroms Unterbrechung der Atmung durch exspiratorische Stillstände eintritt. Ich beschäftigte mich zunächst mit der Frage, wie gross die Insensität des Stromes sein müsse, um exspiratorischen Stillstand der Atmung zu erzielen. Einen Anhaltspunkt gab Knoll, welcher bereits gesehen hatte, dass der schwache Strom einer einfachen „elektrischen Pincette" genügt, um einen exspiratorischen Stillstand herbeizuführen, wenn er in aufsteigender Richtung durch den Nerv hindurch geleitet wird. Ich habe diesen Versuch mehrfach wiederholt und kann seine Richtigkeit vollkommen bestätigen. Als Stromquelle diente dabei ein pinzettenartiges Instrument, dessen eine Branche aus Kupfer, die andere

aus Zink bestand, und dem der Nerv als feuchter Leiter aufgelegt war. Die Verlangsamung der Atmung, die bei der aufsteigenden Richtung des Stromes eintrat, war so gross, dass die Atemfrequenz auf $^1/_2$ bis $^1/_3$ der normalen sank. (Cf. Versuch IV, Tafel II. k und l). In einem Fall trat bei einer normalen Atemfrequenz von 5 Atmungen in 7 Sekunden bei Applikation des Pincette in der Weise, dass der Strom ein aufsteigender war, eine Unterbrechung der Atmung durch 3 exspiratorische Stillstände ein, der erste von 7, der zweite von 4, der dritte von 2 Sekunden Dauer.

Wie ungemein schwache aufsteigende Ströme genügen, um ihre hemmende Wirkung zu entfalten, beweist ausserdem ein Beispiel aus Versuch V, Tafel I, c. Den Strom lieferte ein Daniell'sches Element; als Nebenschliessung war ein Rheochord eingeschaltet. Es gelang noch deutliche Verlangsamung der Atmung zu erzielen bei einem Stand der Neumann'schen Stopfbüchsen auf 0,5 cm und Ausschaltung aller übrigen Rheochord-Widerstände. Bei dieser Anordnung ging nur ein ganz minimaler Stromzweig durch den Nerven.

Es schien mir nun von Interesse zu sein, zu untersuchen, wie weit diese hemmenden Wirkungen aufsteigender Ströme durch Zunahme der Stromstärke beeinflusst werden.

Die Versuche ergaben, dass die Wirkungen keineswegs sich steigerten proportional der Stromstärke. Bereits mit einem Strom, wie er geliefert wird von 2 kleinen Tauchelementen, gelang es, den längsten beobachteten exspiratorischen Stillstand zu erzielen. Derselbe hatte eine Dauer, welche der von etwa 15 normalen Atemzügen entsprach. Cf. Versuch IX, Tafel II, t. Es macht sogar den Eindruck, dass man bei Steigerung der Stromstärke wieder kürzer anhaltende exspiratorische Stillstände erhält. Der am längsten anhaltende exspiratorische Stillstand, welcher erzielt wurde mit einer Batterie von 16 Tauchelementen, entsprach an Dauer etwa 6 normalen Atemzügen. Cf. Versuch I, m.

Häufig genug erhält man an demselben Tier bei derselben Stromstärke im Laufe eines Versuchs keineswegs gleichdauernde exspiratorische Stillstände, oft sind sogar erhebliche Unterschiede in der Dauer vorhanden. Cf. z. B. Versuch III, e, f und m. Die beiden hinter einander vorgenommenen Versuche e und f ergaben ganz dasselbe Resultat, während bei m unter denselben sonstigen Bedingungen bald darauf eine viel stärkere Wirkung auftrat.

Wie Grützner und Knoll habe ich bei Schliessung und Dauer eines aufsteigenden Stromes niemals etwas anderes gesehen, als länger dauernden exspiratorischen Stillstand oder eine durch kürzer dauernde sich wiederholende exspiratorische Stillstände herbeigeführte Atmungsverlangsamung.

Es blieb nur noch zu untersuchen, wie sich der aufsteigende Strom bei der Öffnung verhält, welche nach Grützner gar keine Wirkung haben soll.

In manchen Fällen tritt in der That gar keine Öffnungswirkung ein[1]; in den meisten Fällen machen sich aber schon von den schwächsten Strömen an deutliche Öffnungswirkungen in der Weise bemerklich, dass eine inspiratorische Vertiefung zugleich mit exspiratorischer Abflachung der 2 bis 3 folgenden Atemzüge eintreten, ja, es kann sogar zu, wenn auch nur kurzem, inspiratorischem Tetanus kommen. In viel selteneren Fällen bleibt nach der Öffnung des aufsteigenden Stromes eine, wenn auch viel geringere Verlangsamung der Atmung bestehen. Cf. Versuch III, b und e. Versuch V, Tafel II, μ.

2. Absteigender Strom.

Von der Schliessung desselben macht Grützner die Bemerkung, dass dieselbe auf die Atmung keinen Einfluss habe, wohl aber Schmerzensäusserungen von Seiten des Tieres hervorrufe.

[1] Versuch I, b; Versuch III, f; Versuch V, Tafel I, a, q, s, u, w, y, c, Tafel II, α und Versuch VIII, Tafel II, $\varkappa$.

Meinen Versuchen zufolge ist die Wirkung der Schliessung eines absteigenden Stromes eine viel geringere, als die eines aufsteigenden Stromes. Mitunter tritt gar keine Wirkung ein, besonders bei tief narkotisierten Tieren[1]. Sehr häufig jedoch, namentlich bei schwächerer Narkose, kommt eine deutliche Neigung zu inspiratorischer Wirkung zu Stande, dieselbe äussert sich in Abflachung der Exspiration — die Kurvenhügel werden spitz — zugleich mit Beschleunigung der Atmung. Es kann sogar zu inspiratorischer Beschleunigung resp. zu kurzen inspiratorischen Stillständen[2] kommen. Die Stromstärke ist fast indifferent, es gelingt jedenfalls nicht, mit stärkeren absteigenden Strömen eine Verstärkung der inspiratorischen Wirkung zu erzielen.

Nur ein einziges Mal unter einer sehr grossen Menge von Versuchen traten bei absteigendem Strom deutliche exspiratorische Stillstände ein[3]; da aber im Laufe desselben Versuchs bei demselben Tier später wieder die oben erwähnten inspiratorischen Wirkungen in gewöhnlicher Weise zu Tage traten[4], so glaube ich mit Bestimmtheit, dass der in diesem einzigen Falle erzielte Erfolg auf einem Fehler beruht, den ich allerdings nicht anzugeben weiss.

Wenn auch kein direkter Versuch angestellt worden ist, um die Dauerwirkung des absteigenden Stromes zu erweisen, so ist eine solche doch durchaus wahrscheinlich nach Analogie des aufsteigenden Stromes.

Von der Öffnung des absteigenden Stromes hatte Grützner behauptet, dass dieselbe einen exspiratorischen Stillstand der Atmung bewirke. Ich konnte dies zumeist

---

[1] Versuch I, d und e; Versuch II; Tafel I, a, b, c; Versuch V. Tafel I, k und b'; Versuch V, π, ϱ, τ; Versuch VIII, Tafel I, d. Versuch X, Tafel I, b, e.

[2] Versuch II, Tafel I, x; Versuch XI, Tafel I, h.

[3] Versuch V; Tafel I, r, t, v, x.

[4] Alle Versuche mit absteig. Strom auf Tafel II, Versuch V.

bestätigen. Der längste exspiratorische Stillstand, den ich beobachtet habe, entsprach an Dauer etwa 8 normalen Atemzügen. Versuch XI, Tafel I, a und b.

In selteneren Fällen war die Öffnung des absteigenden Stromes wirkungslos. Versuch I, d, e, l; Versuch II, a, b, c, e, x; Versuch V, Tafel II, τ; Versuch VIII, Tafel I, d, Tafel II, k u. i; Versuch X, Tafel I, b u. e.

Die weit schwächere Wirkung des absteigenden Stromes, verglichen mit dem aufsteigenden, geht besonders deutlich hervor bei Anwendung der **Alternative**. Versuch VIII, Tafel II, m; Versuch X, Tafel I, c, f, k; Versuch XI, Tafel I, d und k. Auf die oft sehr ausgiebigen, durch den aufsteigenden Strom bewirkten exspiratorischen Stillstände folgen nach dem Wechsel bei Einwirkung des absteigenden Stromes Atemzüge, die zwar gewöhnlich deutlich inspiratorische Neigung und auch etwas Beschleunigung aufweisen, im übrigen aber nicht allzusehr von der Atmung ohne Reizung verschieden sind. Gewöhnlich erfolgt bei diesen Versuchen nach dem durch den aufsteigenden Strom bewirkten exspiratorischen Stillstand beim Wechsel zunächst ein kurzer inspiratorischer Stillstand. Diese Erscheinung ist auch leicht erklärlich. Die Öffnung des aufsteigenden Stromes sowohl, wie die Schliessung des absteigenden wirken ja beide schwach inspiratorisch; es findet eine Summation dieser beiden Effekte zu einem, wenn auch kurzen inspiratorischen Stillstand statt.

Noch drastischer als diese Versuche mit der Alternative geht die weit schwächere Wirkung des absteigenden Stromes, verglichen mit dem aufsteigenden, aus nachfolgendem Versuch hervor. Ich legte von den beiden Vagi den einen Nerv auf die Kathode, den andern auf die Anode, so dass der eine Nerv von einem aufsteigenden, der andere von einem absteigenden Strom durchflossen

wurde. Es überwiegt in jedem Fall, ob nun der rechte oder der linke Nerv auf der Anode liegt, die Wirkung des aufsteigenden Stromes derart, dass stets exspiratorischer Stillstand erzielt wurde. Versuch XI, Tafel II, v, u, m.

V. Einwirkung unterbrochener Kettenströme.

Nachdem sich durch die im vorigen Kapitel beschriebenen Untersuchungen herausgestellt hatte, dass die Schliessung und Dauer des aufsteigenden Stromes stets atmungshemmende Wirkung, seine Öffnung schwache erregende besitzt, nachdem sich ausserdem gezeigt hatte, dass der absteigende Strom bei der Schliessung die Atmung in inspiratorischem, bei der Öffnung in exspiratorischem Sinne beeinflusst, habe ich eine weitere Versuchsreihe unternommen, um zu erfahren, ob nicht die Wirkung der Vagus-Reizung mit dem Kettenstrome dadurch verstärkt werden könne, dass man an Stelle des Dauerstroms einen öfters unterbrochenen auf den Nerven einwirken lässt. Für die Wirkung der aufsteigenden Ströme war allerdings wenig zu erwarten, entfalteten diese doch schon bei geringer Intensität während des dauernden Schlusses eine oft maximale Wirkung.

Eher hätte man hier daran denken können, dass die Abwechselung von Schluss und Öffnung dem Erfolge Abbruch thun könnte, da ja die Öffnungen, wenn auch schwächer, so doch entgegengesetzt wirken wie die Schliessungen. Mehr Erfolg versprach ich mir von der Benutzung des unterbrochenen absteigenden Stromes, da ich hier hoffte, durch Summation die Schliessungserfolge deutlicher werden zu sehen. Wie weit auch hier die Öffnungen sich im entgegengesetzten Sinn bemerklich machen würden, musste durch den Erfolg festgestellt werden.

Der Erfolg hat nun gezeigt, dass unterbrochene Kettenströme in der That fast so

wirken, als würde der Strom in der entsprechenden Richtung wiederholt geschlossen, dass dagegen die Wirkungen der Kettenöffnungen wenig oder gar nicht zum Vorschein kommen.

Anfänglich sahen wir, dass schon durch wiederholte schnelle Schliessung und Öffnung des absteigenden Stromes mit der Hand intensivere Wirkungen erzielt werden konnten, als durch die Schliessung und Dauer eines einfachen Dauerstroms. Versuch I, g.

Da dies jedoch eine nur sehr unvollkommene und ungenaue Methode der Stromunterbrechung ist, bediente ich mich später eines kleinen Blitzrades, welches durch einen Centrifugalapparat in Bewegung gesetzt wurde und an dem eine Feder schleift, durch welche der Strom rhythmisch unterbrochen wird. Versuch I, k.

Aber auch diese Methode befriedigte mich wenig, und wir benutzten in Folge dessen zur automatischen Unterbrechung des Stromes einen Wagner'schen Hammer. Derselbe wurde in die Nebenschliessung eingeschaltet, da bei Einschaltung desselben in den Hauptkreis der Widerstand viel zu gross gewesen wäre, um ihn im Gang zu erhalten. Wir trugen jedoch Bedenken gegen die Anwendung desselben, wegen des von Seiten seines Elektromagneten gelieferten Extrastroms, welcher störende Nebenwirkungen entfalten konnte. Auch hat derselbe den Nachteil, dass er eine nur ungenügende Variation der Unterbrechungsfrequenz, insbesondere keine langsame Unterbrechung gestattet[1].

In sehr vollkommener Weise erzielten wir die Unterbrechung des Stromes durch Anwendung eines Schlagwählers. Derselbe besteht aus einer Messingscheibe, in

[1] S. die Versuche auf Tafel VI und VII.

deren Rand in regelmässigen Abständen Hartgummiklötzchen eingelassen sind. Am Rande der Scheibe, welche durch einen Wassermotor gleichmässig horizontal gedreht wird, schleift eine Kupferfeder. Durch mehr oder weniger rasche Drehung der Scheibe kann die Unterbrechung des Stromes in der Zeiteinheit beliebig häufig ausgeführt werden. Die Zahl der Unterbrechungen, welche benutzt wurde, schwankte zwischen 20 und 40 in der Sekunde.

Mit Hülfe dieser Verrichtung gelingt es nicht nur, durch aufsteigende Ströme dieselben exspiratorischen, teilweise sich in sehr lang dauernder Atmungshemmung äussernden Erfolge zu erzielen, sondern man ist damit auch im Stande, bei absteigender Stromesrichtung mit Sicherheit inspiratorische Wirkungen herbeizuführen, die weit über das hinausgehen, was bei der Schliessung des einfachen Dauerstroms erzielt werden kann[1].

In besonders drastischer Weise macht sich der Unterschied in der Wirksamkeit der beiden Stromesrichtungen dann geltend, wenn man, ohne die Kette zu öffnen, abwechselnd aufsteigende und absteigende unterbrochene Ströme dem Nerven zuführt (Volta'sche Alternative). Hier gelingt es in manchen Fällen, lang dauernde exspiratorische mit lang dauernden inspiratorischen Stillständen abwechseln zu sehen. Nicht immer ist der Stillstand ein absoluter, aber niemand, der die Aufzeichnungen betrachtet, wird im Zweifel sein können, dass es sich in dem einen Fall um exspiratorische, im andern um inspiratorische Wirkungen gehandelt hat[2].

Auffallend waren mir die **Nachwirkungen,** die nach Aufhören der Reizung folgten. Es trat nämlich, gleichgültig, ob der vorhergehende Strom aufsteigende oder absteigende Richtung gehabt hatte, ein oft nicht unbeträcht-

[1] Versuche VIII, IX, X und XI.

[2] Versuch VIII, Tafel II, q; Versuch IX, Tafel II; Versuch X, Tafel II, ε, ζ; Versuch XI, s und r auf Tafel I.

licher inspiratorischer Stillstand ein. Beim absteigenden Strom dauerte dabei der durch die Reizung herbeigeführte inspiratorische Stillstand nicht nur in gleichem Maasse noch kurze Zeit an, sondern vertiefte sich sogar gewöhnlich noch etwas.

Auch hier führte ich einen Versuch aus, der dem oben bei der Schilderung der Dauerströme erwähnten analog war. Wurde die eine Elektrode an den rechten, die andere an den linken Vagus angelegt, so dass der eine Nerv von dem unterbrochenen Strom in absteigender, der andere in aufsteigender Richtung durchflossen wurde, so zeigte sich ein Erfolg, der dem des Dauerstroms gerade entgegen gesetzt war. Es überwog nämlich derjenige Nerv, der vom absteigenden Strom durchflossen wurde, die Wirkung war also eine inspiratorische. Dieser Erfolg beweist, dass die atmungsanregende Wirkung des absteigenden unterbrochenen Stromes stärker ist, als die atmungshemmende des aufsteigenden[1].

Ich habe nun noch notwendig auf einige wichtige Punkte hinzuweisen. Um die inspiratorischen Stillstände beim absteigenden unterbrochenen Strom mit Sicherheit zu erzielen, darf die Unterbrechung weder eine allzu langsame, noch eine allzu rasche sein. Es bewährten sich am besten Unterbrechungen, die zwischen 11 und 40 in der Sekunde lagen.

Ausserdem übt die Narkose einen Einfluss derart aus, dass, wenn dieselbe sehr tief ist, die inspiratorischen Stillstände schwer oder gar nicht zu erzielen sind. Dies stimmt überein mit den Erfahrungen von Wagner, Fredericq und Langendorff, dass man bei tiefer Chloral-Narkose, auch bei Anwendung tetanisierender Induktionsströme, nur hemmende, keine inspiratorischen Wirkungen erzielt.

Es muss weiteren Versuchen vorbehalten bleiben,

[1] Versuch XI, Tafel II, t und u.

genau zu ermitteln, wie lang die Stromschlüsse, wie häufig die Anzahl der Unterbrechungen in der Zeiteinheit und wie tief die Narkose (Chloraldosis pro Kilo Tier) sein muss; dann wird man die Wirkungen auf die Atmung in dem einen oder anderen Sinn mit aller Sicherheit beherrschen können.

VI. Erörterung der Versuchs-Ergebnisse.

Als Hauptresultat meiner im Vorhergehenden mitgeteilten Versuche betrachte ich den Nachweis, dass es durch Anwendung einer besonderen Form der elektrischen Reizung gelingt, vom centralen Vagus-Stumpfe aus **nach Belieben** die Atmung zu hemmen, oder stark anzuregen. Während bei Benutzung der bisher fast allein üblichen tetanisierenden Induktionsströme der Erfolg ein durchaus ungewisser war, während man nie sagen konnte, ob ein inspiratorischer oder ein exspiratorischer Stillstand eintreten, ob die Atmung sich beschleunigen oder verlangsamen würde, können wir nunmehr den Erfolg mit Sicherheit vorausbestimmen, vorausgesetzt, dass die oben erwähnten richtigen Versuchsbedingungen eingehalten werden. Jedes Mal tritt dann bei aufsteigenden Strömen eine exspiratorische, bei absteigenden eine inspiratorische Wirkung ein. Die Anwendung der Volta'schen Alternative lässt diesen Wechsel im Erfolg besonders deutlich zum Ausdruck kommen.

Es scheint mir nicht unmöglich, dass die sich oft widersprechenden Wirkungen, die bei Anwendung tetanisierender Induktionsströme beobachtet werden, ebenfalls auf einem Einfluss der Stromesrichtung beruhen. Es muss späteren Versuchen vorbehalten werden, diese Frage zu entscheiden.

Soweit das praktische Resultat meiner Versuche; daneben ist eben die Thatsache, dass die beiden Stromes-

richtungen, auf denselben Nerv appliziert, so durchaus entgegengesetzte Wirkungen hatten, auch von theoretischem Interesse. Nur unter gewissen, mir nicht unbedenklich erscheinenden Voraussetzungen könnte es gelingen, das Verhalten des Kettenstroms gegenüber dem centralen Vagus-Stumpf auf polare Wirkungen zurückzuführen. Mir scheint es, als ob die Stromesrichtung ausser dem polaren noch ein anderes Moment in sich tragen müsse, das eben in einer verschiedenen Wirkung auf das Centralorgan zum Ausdruck kommt. Man erinnere sich hier der allerdings teilweise nicht einwandfreien Beobachtung über die Wirkung konstanter Ströme an gewissen Sinnesorganen (Zunge, Auge). Jedenfalls sind weitere Untersuchungen an sensiblen Nerven notwendig. Man wird sich fragen müssen, ob nicht vielleicht Durchströmung eines sensiblen Nerven die Reflexcentren des Rückenmarks je nach der Stromesrichtung verschieden beeinflusst, ob nicht vielleicht durch Veränderung der Stromesrichtung eine entgegengesetzte Einwirkung auf den Tonus zum Beispiel des vasomotorischen Centrums stattfindet, so dass in dem einen Falle vielleicht eine pressorische, im andern Fall vielleicht eine depressorische Wirkung ausgelöst wird?

Die Untersuchungen über diesen Gegenstand sollen im Rostocker physiologischen Institut noch weiter fortgeführt werden.

Am Schlusse meiner Arbeit danke ich aufrichtigst Herrn Prof. Dr. O. Langendorff für die vielfache Anregung und liebenswürdige Unterstützung, die er mir bei Ausführung meiner Versuche im physiologischen Institut zu Rostock hat zu Teil werden lassen. Ferner sage ich meinem lieben Freunde und Kollegen Herrn Dr. G. Mulert für seine mehrfache Unterstützung meinen herzlichsten Dank.

VII. Versuchs-Protokolle.

Erklärung der Abkürzungen.

S = Schluss.
O = Öffnung.
↑ = aufsteigender Strom.
↓ = absteigender Strom.
0 = keine Wirkung.

Bei den Versuchen mit Einschaltung des du Bois-Reymond'schen Rheochords geben die arabischen Zahlen in Centimetern die jeweilige Stellung der Neumann'schen Stopfbüchsen an, bei Ausschaltung aller übrigen Rheochord-Widerstände.

Die Bezeichnungen IE. IIE u. s. w. deuten an, dass in den betreffenden Fällen mittelst des Rheochords Widerstände von einer, zwei u. s. w. Einheiten eingeschaltet worden sind, wobei als Einheit die doppelte Länge des Rheochord-Drahtes gesetzt ist.

Um die Länge der Stillstände zu bezeichnen, ist zumeist als Mass die Zahl der normalen Atemzüge angegeben, welche in der Zeit des Stillstandes ohne Reizung erfolgt wäre. Also bezeichnet z. B.: 1 Exspirat. Stillst. = 5 n. Atemz., 1 Exspiratorischer Stillstand entsprechend der Dauer von 5 normalen Atemzügen.

Versuch I. 20. IV. 94.

Aufsteigender Strom. **Absteigender Strom.**

Mittelgrosses schwarz-weisses männliches Kaninchen. Chloral 0,5. Platinelektroden
Zuerst 8, später 16 Tauchelemente.

Dauerstrom.

8 Elemente b. S Exsp.Stillst.=4n.Atemz.
O 0
c. S Exsp.Stillst.=2n.Atemz.
O Etwas abgeflachte Exspir. bei den 3 folg. Atemz.
16 Elemente f. S Exsp. Stillst. = 2 n. Atemz.
O Etwas abgeflachte Exsp. bei den 3 folg. Atemz.
m. S Exsp. Stillst. = 6 n. Atemz.
O 1 Atemz. mit vertiefter Insp. und abgefl. Exsp.

Dauerstrom.

8 Elemente a. S 0
O 1 Atemz. m. abfflachter Exspir.
d. S 0
O 0
16 Elemente e. S 0
O 0
l. S 0
O 0

Unterbrochener Strom.
Unterbrechung mittelst Blitzrad.

16 Elemente k. S Zuerst 1 kurzer exsp. Stillst., dann 1 Atemz. mit abgefl. Insp., dann exsp. Stillst. = gut 2 n. Atemz.
O Kurzer inspir. Stillst.

Unterbrochener Strom.
Möglichst rasche manuelle Unterbrechung mit dem Schlüssel.

16 Elemente g. S Zuerst 2 norm. Atemz., dann Beschleunigung d. Atm. mit insp. Neigung.
O Inspir. Stillst. = 2 n. Atemz., dann 2 Atemz. mit abgeflachte Inspr.

Versuch II. 25. IV. 94.

Aufsteigender Strom. **Absteigender Strom.**

Kleines graues weibl. Kaninchen. Chloral 0,3. Platinelektroden. 8 Tauchelemente.

Tafel I.

Dauerstrom.

l. Rh. VE S Exsp. Stillst. = 2 n. Atemz.
O 1 Atemz. m. vertiefter Insp. u. abgefl. Exsp.
m. „ IIE S Exsp. Stillst. = 8 n. Atemz.
O 3 Atemz. mit vertieft. Insp.
o. „ IIE S Exsp. Stillst. = 4 n. Atemz.
O 1 Atemz. mit vertieft. Insp. u. abgefl. Exsp.

Dauerstrom.

a. Rh. 11 S 0
O 0
b. „ 40 S 0
O 0
c. „ 60 S 0
O 0
d. „ IE S Deutliche exsp. abgefl. Atmg.
O S. geringe exsp. Verlangsg.

Aufsteigender Dauerstrom.

r. Rh X E S Exsp. Stillst. — 5 n. Atemz.
O 1 Atemz. mit vertieft. Insp. u. abgefl. Exsp.

Absteigender Dauerstrom.

e. Rh. II E S Ganz gering beschl. Atmg. mit deutl. insp. Neigung.
O 0

f. „ II E S Unregelm. Atmg. kaum beschl. mit insp. Neigung.
O Ganz kurzer exsp. Stillst.

g. „ III E S Etwas beschleun. Atmg.
O Exsp. Stillst. = 3 n. Atemz.

i. „ V E S Geringe exsp. abgefl. Atmg.
O Exsp. Stillst. = 2 n. Atemz.

n. „ II E S 0
O Exsp. Stillst. = 2 n. Atemz.

p. „ II E S Ganz gering. exsp. abgeflacht. Atmg.
O Kurzer exsp. Stillst.

q. „ X E S 0
O Kurzer exsp. Stillst.

t. „ XXE (Ausschaltung aller Widerst.)
S 0
O Kurzer exsp. Stillst.

u. „ I E S Unregelm. Atmg. etw. beschl. mit insp. Steigung.
O Kurzer exsp. Stillst.

x. „ II E S Neigung zu inspir. Stillst. (3 Atemz. i. tief. Insp. phase.)
O 0 (Unruhe).

Tafel II.

Aufsteigender Dauerstrom.

ν. Rh. IX E S Exsp. Stillst. = 5 n. Atemz.
O 1 Atemz. mit vertieft. Insp. u. abgefl. Exsp.

Absteigender Dauerstrom.

ε. Rh. IV E S Neigung zu insp. Stillst. (Beschleunigte Atmg. fast nur in der Insp. phase).
O 0 (Unruhe).

ξ. „ XX E (Ausschaltung aller Widerst.)
S 0
O Kurzer exsp. Stillst.

τ. Rh. XX E S 0
O Kurzer exsp. Stillst.

Versuch III. 26. IV. 94.

Graues mittelgrosses weibl. Kaninchen. Chloral 0,5. Tiefe Narkose. Unpolarisierbare du Bois-Reymond'sche Thonstiefelelektroden. 8 Tauchelemente.

b. Rh. I E S 4 exsp. Stillst.; jeder = fast 2 n. Atemz.
O Zunächst Anhalten der exsp. Stillst., allmähl. Ausgleich.

e. „ II E S 3 exsp. Stillst.; jeder = fast 2 n. Atemz.
O Zunächst Anhalten derselb., allmählicher Ausgleich.

f. „ II E S 10 exsp. Stillst.; jeder = fast 2 n. Atemz.
O 0

l. „ XXE (Ausschaltung aller Widerst.)
S 3 exsp. Stillst.; die ersten beiden = 2 n. Atemz., der dritte etwas kürzer.
O 0

m. Rh. II E S Exsp. Stillst. = 3 n. Atemz.
O 1 Atemz. mit vertieft. Insp. u. abgefl. Exsp.

p. „ III E S Exsp. Stillst. = 4 n. Atemz.
O 2 Atemz. mit vertieft. Insp. u. gleichz. abgefl. Exspir.

a. Rh. I E S 0
O Kurzer exsp. Stillst.

c. „ I E S 0
O Kurzer exsp. Stillst.

d. „ II E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

n. „ II E S 0
O Minimaler exsp. Stillst.

o. „ III E S 0
O Deutlicher ganz kurzer exsp. Stillst.

Versuch IV. 27. IV. 94.

Mittelgrosses graues weibliches Kaninchen. Chloral 0,6. 1 Daniell. Unpolarisierbare Pinselelektroden. Einschleichen des Nerven in die Kette durch Einschaltung eines du Bois-Reymond'schen langen Compensators. Zeitaufzeichnung in Sekunden

Tafel I.

Aufsteigender Dauerstrom.

a. S 5 exsp. Stillst., der erste = 5½ Sek., die andern je 3 Sek.
O 0

b. S (Schieber auf 0) 4 norm. Atemz. Beginn zu schieben: 11 exsp. Stillst. v. je 3 Sek.
O 1 Atemz. mit vertiefter Insp.

c. Schieber auf 25 S 5 exsp. Stillst. von je 2 Sek.
O Insp. Stillst. v. 2 Sek.

f. Schieber auf 0 S 2 norm. Atemz. Beginn langsam z. schieben: 7 n. Atemz., sobald Schieber auf 30: Exsp. Stillst., i. ganzen 6 v. je 2 Sek.
O Insp. Stillst. v. 2 Sek.

Aufsteigender Dauerstrom.

c. S Schieber auf 0 4 norm. Atemz. Beginn s. langsam zu schieben: 9 norm. Atemz. bis Schieber auf 25, dann 13 exsp. Stillst. von je 3 Sek.
O Kurzer insp. Stillstand.

g. Schieber auf 0 S 3 norm. Atemz. Beginn rasch zu schieben: 1 n. Atemz., sobald Schieber auf 30: Exsp. Stillst., i. ganzen 7 v. je 2 Sek.
O 2 insp. Stillst. von je 1 Sek.

Tafel II.

Zugleich mit dem Vagus liegt auf den Elektroden der Nerv eines Froschmuskelpräparates.

h. S (Schieber auf 0) 0 Beginn z. schieben: norm. Atmg. bis Schieber auf 30, dann 9 exsp. Stillst. von je 1 Sek.
O 0 (Zuckung des Muskels).

i. S (Schieber auf 0) 2 norm. Atemz. Beginn z. schieben: 6 n. Atmz., sobald Schieber auf 30 Unterbrechung der Atmg. d. 10 exsp. Stillst. v. je $1^1/_2$ Sk.
O Insp. Stillst. von fast 1 Sek. (Zuckung des Muskels).

Der Strom wird geliefert von einer **elektr. Pinzette.**

k. S Durch 6 exsp. Stillst. von je fast 2 Sek. unterbrochene Atmg.
O Kurzer insp. Stillst. von fast 1 Sek.

l. S 3 exsp. Stillst., der erste v. 4 Sek., die beiden andern von je 2 Sek.
O Kurzer insp. Stillst.

Versuch V. 28. IV. 94.

Grosses männliches Kaninchen. Chloral 0,5. Die Reizung bei den Versuchen auf Tafel I mittelst eines Stroms, geliefert von 1 Daniell, auf Tafel II von 8 Tauchelementen.

Tafel I.

Aufsteigender Dauerstrom.

a. Rh. 15 S 4 exsp. Stillst. je = 3 n. Atemz.
O 0

g. „ IIE S 3 exsp. Stillst., der erste = 6, die beiden andern = 4 n. Atemz.
O 2 Atmg. mit vertiefter Insp. u. abgeflachter Exsp.

q. „ IE S 3 exsp. Stillst. je = 3 n. Atemz.
O 0

s. „ 50 S 3 exsp. Stillst., der erste = 3, die beiden andern = 2 norm. Atemz.
O 0

Absteigender Dauerstrom.

b. Rh. 15 S Ganz geringe Abfl. d. Atmg.
O 0

c. „ 30 S Ganz geringe Abfl. d. Atmg.
O 0

d. „ 60 S Deutliche Verlangs. u. Abfl. d. Atmg.
O 0

e. „ IE S Ganz geringe Abfl. d. Atmg.
O 0

f. „ IIE S Ganz geringe Abfl. d. Atmg.
O 0

h. „ III E S Etwas verlangs. und abgefl. Atmg.
O 0

Aufsteigender Dauerstrom.

u. Rh. 25 S 2 exsp.Stillst. je = 3 n.Atemz.
O 0

w. „ 10 S 3 exsp.Stillst. je = 2 n.Atemz.
O 0

y. „ 5 S 4 exsp.Stillst. je = 2 n.Atemz.
O 0

a. „ 1 S 3 exsp. Stillst., die beiden ersten je = 2 n. Atemz., d. dritte etwas kürzer.
O 1 Atmg. mit vertieft. Insp. und abgefl. Exsp.

c. „ 0,5 S Deutlich verlangs. Atmg.
O 0

e. „ XX E (Ausschaltung aller Widerst.)
S 2 exsp. Stillst., der erste 7, der zweite 2 n. Atemz.
O 0

Absteigender Dauerstrom.

i. Rh. IV E S Sehr wenig verlangs. und gering abgefl. Atmg.
O 0

k. „ V E S 0
O 0

r. „ 50 S 7 exsp. Stillst. je = fast 2 n. Atemz.
O 0

t. „ 25 S Verlangs. u. exsp. abgefl. Atmg.
O 0

v. „ 10 S Stark verlangs. u. exspir. abgefl. Atmg.
O 0

x. „ 5 S Verlangsamte u. exsp. abgeflachte Atmg.
O 0

z. „ 2 S Verlangs. u. exsp. abgefl. Atmg.
O 0

b′. „ 1 S 0
O 0

d′. „ XX E (Ausschaltung aller Widerst.)
S Gering abgefl. Atmg.
O 0

Tafel II. 8 Tauchelemente.

Aufsteigender Dauerstrom.

α. Rh. V E S 2 exsp Stillst., der erste = 4, der zweite = 2 n. Atemz.
O 0

ε. „ X E S Exsp. Stillst. = 7 n. Atemz.
O 1 Atemzug m. vertieft. Insp. u. abgefl. Exsp.

μ. „ I E S Exsp. Stillst. = 12 n. Atemz.
nach O Verlangsamte Atmung.

Absteigender Dauerstrom.

β. Rh. V E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

γ. „ V E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

δ. „ X E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

ζ. „ XX E (Ausschaltg. aller Widerst.)
S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

η. „ XX E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

ϑ. „ I V E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

Aufsteigender Dauerstrom.

Absteigender Dauerstrom.

ι. Rh. III E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

κ. „ II E S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

ν. „ I E S 0
O Exsp. Stillst. = 2 n. Atemz.

ξ. „ 75 S 0
O Exsp. Stillst. = 2 n. Atemz.

ο. „ 50 S 0
O Exsp. Stillst. = f. 2 n. Atemz.

π. „ 25 S 0
O 0

ς. „ 40 S 0
O Ganz kurzer exsp. Stillst.

ϱ. „ 30 S 0
O Ganz kurzer exsp. Stillst.

τ. „ 10 S 0
O 0

Versuch VI. 5. V. 94.

Weibliches mittelgrosses Kaninchen. Chloral ?, jedenfalls keine tiefe Narkose, da häufig Unruhe verzeichnet ist. Platinelektroden. Unterbrechung mittelst Einschaltung des Wagner'schen Hammers in die Nebenschliessung. 8 Tauchelemente, später 2.

Tafel I. 8 Tauchelemente.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

b. S Exsp. Stillst. einmal durch eine kurze Atmg. unterbrochen, im ganzen = 8 norm. Atemz.
O Mehrere Atmg. mit vertiefter Insp.

Absteigender unterbrochener Strom.

a. (1 Daniell'sches Element) S Insp. Stillst. = 4 n. Atemz.
O Noch weiter. kurzes Anhalten u. Vertief. desselben.

c. (8 Tauchelem.) S Zunächst exsp. Stillst. = 3 n. Atemz., d. insp. Stillst. = 6 n. Atemz.
O 1 abgefl. Atemz., allmählicher Ausgleich.

2 Tauchelemente.

d. S Exsp. Stillst. = 6 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = 4 n. Atemz.

e. S Exsp. Stillst. = ca. 10 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = ca. 7 n. Atemz.

Tafel II.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

β. S Exsp. Stillst. = gut 4 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = ca. 2 n. Atemz.
γ. S Exsp. Stillst. = ca. 6 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = gut 3 n. Atemz.

Absteigender unterbrochener Strom.

α. S Insp. Stillst. = ca. 9 n. Atemz.
O Andauern u. Verticfg. desselben = ca. 4 n. Atemz.

Versuch VII. 7. V. 94.

Grosses männliches weisses albinot. Kaninchen. 1,1 Chloral. Die Unterbrechung geschieht mittelst Wagner'schem Hammer in der Nebenschliessung. 2 Elemente = $^1/_{10}$ Milliampère. Gemessen mit einem absoluten Milliampèremeter von Edelmann in München.

1 Element.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

a. S Stark verlangsamte etwas abgeflachte Atmung.
O Anhalten derselben.
c. S Exsp. Stillst. von 21 Sek.
O 1 Atmung mit vertiefter Insp. und abgeflachter Exsp.

Absteigender unterbrochener Strom.

b. S Stark beschleunigte u. abgefl. Atmg.
O 0
d. S Stark beschleunigte u. abgefl. Atmg. (es erfolgen während der Dauer der Reizung 20 Atemzüge, normaler Weise ohne Reizung würden etwa 12 während dieser Zeit erfolgt sein).
O 0

Alternative 2 Elemente.

g. ↑ S 3 exsp. Stillst., die beiden ersten je 2 Sek., der dritte 6 Sek.
Wechsel ↓ Gering beschleunigte aber stark abgefl. Atmg.
O 0
h. ↓ S Stark abgefl. u. beschleun. Atmg.
Wechsel ↑ 2 exsp. Stillst., d. erste = $4^1/_2$, der zweite = $9^1/_2$ Sek.
„ ↓ Beschleunigte u. abgefl. Atmg.
„ ↑ 2 exsp. Stillst., d. erste = 11, der zweite = $3^1/_2$ Sek.
O 0

Versuch VIII. 8. V. 94.

Grosses weisses weibliches Kaninchen. 0,75 Chloral. Unterbrechung des Stromes mittelst Schlagwähler. 1 Tauchelement.

Tafel I. 20 Unterbrechungen pro Sekunde.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

e. S Exsp. Stillst. = gut 7 n. Atemz.
O Die nächsten Atemzüge sind etwas exspir. abgeflacht.

Absteigender unterbrochener Strom.

a. S Insp. Stillst. = 12 n. Atemz.
O Noch weiteres kurzes Anhalten dess.

b. S Insp. Stillst. = 7 n. Atemz.
O Noch weiteres kurzes Anhalten dess.

c. S Insp. Stillst. = gut 11 n. Atemz.
O Derselbe hält noch etwas an und vertieft sich.

g. S Insp. Stillst. = gut 6 n. Atemz.
O Derselbe hält noch etwas an und vertieft sich.

Absteigender Dauerstrom.

d. S 0
O 0

Tafel II. 40 Unterbrechungen pro Sekunde.

Aufsteigender Dauerstrom.

l. S 3 exsp. Stillst. der erste = 6, die beiden letzten je = 2 n. Atemz.
O Mehrere Atmungen mit s. vertieft. Insp., abgefl. Exsp.

Alternative.

m. ↓ S Etwas beschleun. u. abgefl. Atmg.
Wechsel ↑ Exsp. Stillst. = gut 5 n. Atemz.
O 0

ϰ. S Exsp. Stillst. = 2 n. Atemz.
O 0

Absteigender Dauerstrom.

ι. S Etwas abgefl. Atmung.
O 0

k. S Ganz geringe abgefl. Atmung.
O 0

Aufsteigender unterbrochener Strom.

h. S Atmungsstillst. in Mittelstellung = 9 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = 3 n. Atemz.

u. S Exsp. Stillst. = 6 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = 4 n. Atemz.

p. S Exsp. Stillst. = 8 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = gut 3 n. Atemz.

Alternative.

q. ↑ S Exsp. Stillst. = g. 4 n. Atemz.
↓ Wechsel Insp. Stillst. = 15 n. Atemz.
Wechsel ↑ Zunächst Neigg. zu exspir. Stillst., dann beschl. Atmg.
↓ Wechsel Insp. Stillst. = 10 n. Atemz.
O Anhalten u. Vertiefg. ders. = 4 n. Atemz.

η. S Exsp. Stillst. = 5 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = 2 n. Atemz.

Absteigender unterbrochener Strom.

ι. S Insp. Stillst. = 19 n. Atemz.
O Derselbe hält noch etwas an und vertieft sich.

ο. S Insp. Stillst. = 12 n. Atemz.
O Derselbe hält noch etwas an und vertieft sich.

ζ. S Insp. Stillst. = 12 n. Atemz.
O Derselbe hält noch etwas an = 4 n. Atemz. und vertieft sich.

ϑ. S Stark beschleunigte u. abgefl. Atmg.
O Insp. Stillst. = 2 n. Atemz.

Versuch IX. 11. V. 94.

Sehr grosses männliches grauweisses Kaninchen. Chloral 1,0. Unterbrechung mittelst Schlagwähler. — Bei diesem Tier kommt es fast nie zu einem absoluten Stillstand der Atmungen in der einen oder andern Phase; sondern es findet fast immer ein leichtes Vibrieren der Atmung statt, freilich ganz ausgesprochen in der einen oder andern Phase.

Tafel I. 1 Element.

Aufsteigender Dauerstrom.

l. S Exspir. Stillst. = 8 n. Atemz.
O Sehr beschleun. u. abgeflachte Atmg.

p. S Exspir. Stillst. = 14 n. Atemz.
O Sehr lange anhaltend stark abgefl. u. beschleunigte Atmung.

Absteigender Dauerstrom.

m. S 0
O Neigung zu exsp. Stillst., abgefl. u. beschleun. Atmg. in der Exspirationsphase.

n. S Verlangsamte Atmung.
O Neigung zu exsp. Stillst., abgefl. u. beschleun. Atmg. in der Exspirationsphase.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

a. S Exspir. Stillst. = 16 n. Atemz.
O 1 vertiefte Insp., dann lange Zeit beschleunigte u. abgeflachte Atmg.

d. S Exspir. Stillst. = 11 n. Atemz.
O 1 Atemz. m. vertieft. Insp., dann lange Zeit beschleun. u. abgefl. Atmg.

Absteigender unterbrochener Strom.

c. S Zwar kein reiner insp. Stillst. aber Atmg. fast nur in d. Inspirationsphase.
O Exsp. Stillst. lange anhaltend, dann beschleunigte und abgefl. Atmung.

e. S Atmung mit deutl. insp. Neigung, fast nur in der Inspirationsphase.
O Exspirator. Nachwirkung.

h. S Inspir. Stillst. = 11 n. Atemz.
O Zunächst exsp. Stillst., dann lange Zeit beschleun. u. abgeflachte Atmg.

Tafel II. 2 Elemente.

Aufsteigender Dauerstrom.

t. S Exsp. Stillst. = 15 n. Atemz.
O Lang anhaltende stark abgefl. Atmg.

r. S Exsp. Stillst. = 13 n. Atemz.
O Stark abgefl. Atmg. lang anhaltend.

Absteigender Dauerstrom.

o. S Zunächst 2 Atemz. in d. Inspirationsphase, dann verlangsamte und ausgiebigere Atmg.
O Exspir. Stillst. = ca. 4 n. Atemz.

q. S 0
O Exspir. Stillst. = 6 n. Atemz.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

s. S 2 exsp. Stillst., der erste = fast 4, der zweite = 8 n. Atemz.
O Ausserordentlich stark abgefl. Atmg. fast Stillstand derselben in Mittelstellung, lange anhaltend.

Absteigender unterbrochener Strom.

t. S Insp. Stillst. = 12 n. Atemz.
O Exspir. Stillst., dann abgefl. Atmg., allmählicher Ausgleich.

Alternative mit unterbrochenem Strom.

u. S ↑ Exsp. Stillst. = 10 n. Atemz.
Wechsel ↓ Insp. Stillst. = 10 n. Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 10 n. Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = 11 n. Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 11 n. Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = 6 n. Atemz.
O Zunächst exsp. Stillst., dann abgefl. Atmg., allmählicher Ausgleich.

Erhöhte Frequenz d. Unterbrechungen.

v. S ↓ Insp. Stillst. = 13 n. Atemz.
Wechsel ↑ Exsp. Stillst. = gut 6 n. Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = 6 n. Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 5 n. Atemz.
O Zunächst abgeflachte Atmg., allmählicher Ausgleich.

w. S ↑ Exsp. Stillst. = 9 n. Atemz.
Wechsel ↓ Insp. Stillst. = 9 n. Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 9 n. Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = 8 n. Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 9 n. Atemz.
„ ↓ Zuerst reiner inspir. Stillst., dann deutlich insp. Neigung der Atmung.
O Zunächst exsp. Stillst., dann abgefl. Atmg. u. allmählicher Ausgleich.

x. S ↑ Exsp. Stillst. = 11 n. Atemz.
Wechsel ↓ Insp. Stillst. = 10 n. Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 10 n. Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = 8 n. Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = gut 7 n. Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = 6 n. Atemz.
O Lang anhaltende stark abgeflachte Atmung in der Exspirationsphase.

Versuch X. 16. V. 94.

Weisses albinot. mittelgrosses weibl. Kaninchen. Chloral 0,75. Unterbrechung mittelst Schlagwähler. Sehr tiefe Narkose.

Tafel I.

1 Daniell.

Aufsteigender Dauerstrom.

a. S 2 exsp. Stillst., der erste = gut 3, der zweite = fast 2 n. Atemz.
O 1 Atemzug mit vertiefter Insp. und abgeflachter Exspiration.

Alternative.

c. S ↑ Exsp. Stillst. = gut 3 n. Atemz.
Wechsel ↓ Kurzer inspir. Stillst., dann norm. Atmg.
„ ↑ 3 exsp. Stillst., jeder = fast 2 n. Atemz.
„ ↓ Kurzer inspir. Stillst., dann norm. Atmg.
„ ↑ 5 exsp. Stillst., jeder = fast 2 n. Atemz.
„ ↓ Kurzer inspir. Stillst., dann norm. Atmg.
„ ↑ 7 exsp. Stillst., jeder = fast 2 n. Atemz.
„ ↓ Kurzer inspir. Stillst., dann norm. Atmg.
O O

2 Tauchelemente.

d. S 2 exsp. Stillst., der erste = 2 norm. Atemz., der zweite etwas kürzer.
O 1 Atmg. mit vertiefter Inspir. und abgefl. Exspir.

Alternative.

f. S ↑ 3 exsp. Stillst., jeder = fast 2 n. Atemz.
Wechsel ↓ Kurzer insp. Stillst., d. n. Atmg.
„ ↑ 4 exsp. Stillst., jeder = fast 2 n. Atemz.
„ ↓ Kurzer insp. Stillst., d. n. Atmg.
„ ↑ 4 exsp. Stillst., d. erste = gut 2 n. Atemz., d. and. etw. kürz.
O Kurzer insp. Stillst.

Absteigender Dauerstrom.

l. S 0
O 0

e. S 0
O 0

i. S 0
O Mehrere kurze exsp. Stillst.

Aufsteigender Dauerstrom.

h. S Exsp. Stillst. = fast 5 n. Atemz.
O Mehrere Atmungen mit vertiefter Insp. und abgeflachter Exsp.

Alternative.

k. S ↓ Normale Atmung.
Wechsel ↑ Exsp.Stillst.=gut 4 n.Atemz.
„ ↓ Kurzer inspir. Stillst. dann norm. Atmg.
„ ↑ Exsp.Stillst.=gut 5 n.Atemz.
„ ↓ Kurzer inspir. Stillst., dann norm. Atmg.
„ ↑ 2 exsp. Stillst., der erste = 2, d. zweite = gut 7 n.Atemz.
„ ↓ Kurzer inspir. Stillst., dann norm. Atmg.
„ ↑ Exsp.Stillst. = gut 6 n.Atemz.
O O

Aufsteigender unterbrochener Strom.

m. S 4 kurze exspir. Stillst.
O Kurzer insp. Stillst., dann n. Atmg.
n. S Exsp. Stillst. = 6 n. Atemz.
O Kurzer insp. Stillst., dann n. Atmg.

Absteigender unterbrochener Strom.

l. S Insp. Stillst. = gut 6 n. Atemz.
O Kurzes Anhalten u. Vertiefung desselben.
o. S Insp. Stillst. = 8 n. Atemz.
O Kurzes Anhalten u. Vertiefung desselben.

Tafel II.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

β. S Stark abgeflachte Atmung in der Exspirationsphase = 10 n. Atemz.
O Kurzer insp. Stillst., dann n. Atmg.
δ. S Exsp. Stillst. = gut 7 n. Atemz.
O Kurzer insp. Stillst., dann n. Atmg.

Alternative.

ε. S ↑ Exsp.Stillst.=gut 7 n.Atemz.
Wechsel ↓ Insp.Beschleun.= 5 n.Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 8 n. Atemz.
„ ↓ Insp.Beschleun.= 7 n.Atemz.
„ ↑ Exsp. Stillst. = 10 n. Atemz.
„ ↓ Insp.Beschleun.= 9 n.Atemz.
O Kurzer insp. Stillst., dann norm. Atmg.

Absteigender unterbrochener Strom.

α. S Insp. Stillst. = gut 6 n. Atemz.
O Zunächst Vertiefung desselben und noch einige exsp. abgefl. Atmg.
γ. Beide Vagi auf der Elektrode.
S Sehr erhebliche inspir. Beschleunig. = 8 n. Atemz
O Kurzer insp. Stillst., allmähl. Ausgl.

Alternative.

ζ. S ↓ Insp.Stillst. = gut 7 n.Atemz.
Wechsel ↑ Exsp.Stillst.= gut 9 n.Atemz.
„ ↓ Insp.Stillst.= fast 6 n.Atemz.
„ ↑ Exsp.Stillst.= gut 5 n.Atemz.
„ ↓ Insp.Stillst.= gut 5 n.Atemz.
O Zunächst Vertiefung desselben, dann norm. Atmg.

Versuch XI. 17. V. 94.

Mittelgrosses grauweisses weibliches Kaninchen. Chloral 0,25. Unterbrechung mittelst Schlagwähler.

Tafel I.

2 Tauchelemente.

Aufsteigender Dauerstrom.

c. S 2 exsp. Stillst., der erste = gut 3, der zweite = gut 6 n. Atemz.
O Kurzer insp. Stillst., dann n. Atmg.

Alternative.

d. S ↑ Exsp.Stillst. = gut 6 n.Atemz.
Wechsel ↓ Kurzer insp. Stillst. und 5 vertiefte Atemz.
„ ↑ Exsp.Stillst. = gut 9 n.Atemz.
„ ↓ Kurzer insp. Stillst., dann 7 vertiefte Atemz.
„ ↑ Exsp.Stillst. = g. 10 n.Atemz.
„ ↓ Ganz kurzer inspir. Stillst., dann 6 vertiefte Atemz.
O Exsp.Stillst.=fast 3 n.Atemz.

e. S Exsp. Stillst. = gut 5 n. Atemz.
O Zunächst Beschleunig., dann länger dauernde Verlangsamung d. Atmg.

Absteigender Dauerstrom.

a. S 2 ganz kurze insp. St llst., dann annähernd norm. Atmg.
O Exsp. Stillst. = fast 8 n. Atemz., dann 1 s. vertiefte Atmg., hierauf normale Atmung.

b. S 5 vertiefte Atemz. m. insp. Steigung.
O Exsp. Stillst. = fast 8 n. Atemz., allmählicher Ausgleich.

8 Tauchelemente.

Alternative.

k. S ↑ Exsp.Stillst. = gut 2 n.Atemz.
Wechsel ↓ Insp. Beschleunigung.
„ ↑ Exsp.Stillst. = gut 3 n.Atemz.
„ ↓ Beschleunigung der Atmung mit insp. Neigung.
„ ↑ Exsp.Stillst. = gut 3 n.Atemz.
„ ↓ Beschleunigte und vertiefte Atmung.
„ ↑ Exsp.Stillst. = gut 4 n.Atemz.
„ ↓ Vertiefte Atmung.
O Exspir. Stillst. = fast 2 n. Atemz.

h. S Zuerst kurzer insp. Stillst., dann Atmung mit insp. Neigung.
O Kurzer exspir. Stillst.

2 Tauchelemente.

Aufsteigender unterbrochener Strom.

o. S 2 exsp. Stillst., der erste = 3, der zweite 9 n. Atemz.
O Kurzer insp. Stillst.
p. S Exsp. Stillst. = gut 9 n. Atemz.
O Insp. Stillst. = 3 n. Atemz.

Absteigender unterbrochener Strom.

n. S Insp. Stillst. = 9 n. Atemz.
O Noch kurzes Anhalten desselben.
q. S 2 insp. Stillst., der erste = 6, der zweite = fast 7 n. Atemz.
O Zunächst noch kurzes Anhalten und Vertiefung des insp. Stillstandes.

Alternative.

s. S ↑ Exsp. Stillst. = 9 n. Atemz.
Wechsel ↓ 2 insp. Stillst., der erste = 2, der zweite = 8 n. Atemz.
„ ↑ Exsp.Stillst. = gut 5 n.Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = fast 6 n.Atemz.
„ ↑ Exsp.Stillst. = gut 4 n.Atemz.
O Längere Zeit erhebliche insp. Beschleunigung.

Alternative.

r. S ↓ 2 insp. Stillst. je = 4 n.Atemz.
Wechsel ↑ Exsp. Stillst. = 6 n. Atemz.
„ ↓ Insp. Stillst. = gut 6 n. Atemz.
„ ↑ Exsp.Stillst. = etw. 4 n.Atemz.
O Kurzer insp. Stillst., dann insp. Beschleunigung.

Tafel II.

2 Tauchelemente.

Dauerstrom.

v. Am linken Vagus + Elektrode, am rechten — Elektrode.
S Exsp. Stillst. = gut 5 n. Atemz.
O Vertiefte u. exsp. abgefl. Atmung.
w. Am rechten Vagus + Elektrode, am linken — Elektrode.
S Exsp. Stillst. = gut 4 n. Atemz.
O 1 Atmg. mit sehr vertiefter Insp.

Unterbrochener Strom.

t. Am linken Vagus — Elektrode, am rechten + Elektrode.
S Insp. Stillst. = 14 n. Atemz.
O Kurzes Anhalten u. Vertiefung dess.
u. Am rechten Vagus — Elektrode, am linken + Elektrode.
S Insp. Stillst. = 16 n. Atemz.
O Anhalten desselben und Vertiefung.

Litteratur.

1. Rosenthal: Die Atembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus. Berlin 1862.

2. Langendorff: Der Einfluss des Nervus vagus und der sensiblen Nerven auf die Atmung. Mitteilungen aus dem Königsberger physiologischen Laboratorium von W. v. Wittich. Königsberg 1878.

3. Grützner: Über verschiedene Arten der Nervenerregung. Pflügers Archiv, Band XVII. 1878.

4. Fredericq: Sur la théorie de l'innervation respiratoire. Bruxelles 1879.

5. Gad: Die Regulierung der normalen Atmung. Leipzig 1880.

6. Rosenthal: Neue Studien über Atembewegungen. Die Wirkung der elektrischen Vagus-Reizung auf die Atembewegungen I. Archiv f. Anatomie und Physiologie. Supplementband zur physiolog. Abteilung. 1880.

7. Rosenthal: Über unipolare Nervenreizung und falsche Nervenreizung durch Nebenleitung. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1881.

8. Gad: Über die Abhängigkeit der Atemanstrengung vom Nervus vagus. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abteilung. 1881.

9. Wedenski: Über den Einfluss elektrischer Vagus-Reizung auf die Atembewegungen bei Säugetieren. Pflügers Archiv, Band XVII. 1881.

10. Knoll: Beiträge zur Lehre von der Atmungsinnervation. I. Mitteilung. LXXXV. Band des Sitzungsberichts der königlichen Akademie der Wissenschaften. III. Abteilung. Märzheft 1882.

11. Knoll: Beiträge zur Lehre von der Atmungsinnervation. II. Mitteilung 1882.

12. Rosenthal: Physiologie der Atembewegungen und Innervation. Handbuch der Physiologie von Hermann. Band IV. II. Teil.

13. Meltzer: Die atemhemmenden und anregenden Nervenfasern innerhalb des Vagus in ihren Beziehungen zu einander und zum Atemmechanismus. Leipzig 1892.